菇類栽培後介質之再利用

呂昀陞[1,*]、陳美杏[1]、李瑋崧[1]、吳寬澤[1]、簡宣裕[2]

[1]農委會農業試驗所植物病理組

[2]農委會農業試驗所農業化學組

[*]通訊作者電子信箱：yunsheng@tari.gov.tw

摘要

我國菇類年產值已逾90億，每年使用之木屑太空包與產瓶已超過2億5千萬包/瓶，所產生之農業廢棄物估計超過120萬公噸，目前雖已有業者利用菇類栽培後介質作爲堆肥，然卻仍有部份菇農將其丟棄於田間，造成環境之污染。近年來由於環保意識抬頭，因此菇類栽培後介質之再利用也成爲相當重要之課題，目前之應用方向可包含1.作爲菇類栽培之介質；2.作爲作物栽培之有機堆肥或抑病介質；3.作爲禽畜養殖之飼料；4.作爲燃料或生質能源之原料；5.作爲生態環境修復之材料；6.作爲酵素或多醣體萃取之來源等。國內對於菇類栽培後介質再利用之研究，主要集中於取代部份木屑作爲菇類栽培介質、製成有機堆肥或抑病介質等，對於其他應用方式較少著墨。妥善利用菇類培後介質，不僅可減少農業廢棄物之產生，還可增加菇農之收益，值得進一步研究與推展。

關鍵詞：農業廢棄物、菇類栽培介質、有機堆肥

緒言

我國自60年代起政府即積極推動種植洋菇產業，並配合洋菇罐頭加工，不僅讓我國獲得洋菇王國之美名，更爲菇類產業奠定下良好之基礎，近年隨著養生風氣之盛行，國人對於菇類產品需求更是大增，目前年產值已逾90億新台幣，爲我農業中相當重要之產業。隨著菇類產業之發達，廢棄資材處理也成爲衍生之重要環境問題，目前我國每年生產之太空包數目約爲29,600萬包，菇類栽培瓶約7500萬瓶[1]，若以每包/瓶之基質之重量爲1公斤，依據食用菌平均生物效率40 %進行計算[20]，每年所產生之廢棄資材約爲22萬噸，如無法妥善處置這些廢棄物，對環境將造成嚴重之傷害。國內雖已有部分業者與菇類產銷班利用所生產之菇類栽培後介質製作堆肥，但仍有部分業者因無法有效處理廢棄太空包，只能將其棄置於空地，此些太空包不僅容易孳生蚊蠅，還可能成爲木黴菌或其他雜菌之溫床，進而影響到栽培環境之衛生。國內過去對於菇類栽培後介質之利用探討較少，目前主要著重於再次作爲菇類栽培之介質與有機堆肥等方向，然在其他國家，菇類栽培後介質再利用是相當受重視之課題，以中國大陸爲例，當地稱食用菌栽培培養基廢料爲食用菌菌渣或菌糠，其年產量可達4.57×107噸[20]，爲解決栽培後介質對環境造成之影響，並使菇類產業永續發展，各國皆已投入龐大之研究能量，本文將分別針對菇類栽培後介質在不同層面之應用進行介紹，以提供業界與有關單位未來對菇類栽培後介質再利用時之參考。

菇類栽培後介質之營養價值

菇類栽培後介質的主要成分與其培養基質具有相關性，因此不同種菇類之栽培基質存在部分差異，此外由於不同種菇類對於培養基質養份利用程度不同及栽培時採收周期不同，所以不同地區或不同種類之菇類栽培後介質皆存在有若干差異，例如金針菇與杏鮑菇雖皆爲採收一次性之菇類，但杏鮑菇之主要栽培基質配方和金針菇有所不同，因此兩者在成分上即有差異。此外如香菇與杏鮑菇兩者的採收次數即差異很大，香菇一般可採收4-6周期，杏鮑菇則僅採收1周期，兩者對於介質之利用程度也有差異。菇類生長過程中會產生大量酵素以分解木質素、纖維素與半纖維素等大分子物質，將其轉化成小分子

的養份提供菇類利用，其中木質素的降解比例約爲30%，粗纖維則約降低40-70%[19]，而栽培後介質上除殘留大量菌絲體外，還會有菌絲生長過程所產生之各種多醣、有機酸、酵素與其它活性或代謝物質，還包括產生大量蛋白質、纖維素與胺基酸等[19, 20]，其中粗蛋白含量可高達25-40%，氨基酸含量可達0.05-0.06%。菇類栽培後介質也會含有較豐富之礦物質元素，如鐵、鈣、鋅與鎂等[19]。杏鮑菇栽培後之介質中含有相當豐富之養份，其總氮含量爲新鮮木屑之4.47倍，鎂含量爲2.7倍，鐵含量爲1.38倍，錳含量爲1.28倍，鋅含量爲1.67倍，且其碳氮比爲40.99，新鮮木屑碳氮比爲185.88，顯示杏鮑菇栽培後之介質仍存在有極高之養份，可供進行再利用，藉以提升其利用價值。

菇類栽培後介質作爲菇類栽培之材料

菇類對於栽培基質之利用程度不同，常導致其栽培後介質營養成分之差異，其中僅採收第一周期之菇類，如杏鮑菇與金針菇，由於僅採收一次，因此培養基質內仍含有尚未被利用之豐富養分，若僅用作爲有機堆肥或禽畜飼料，換算栽培成本，利用價值太低，加上目前國內木屑來源短缺，如能利用這些栽培後介質替代木屑製作太空包，不僅可有效利用此些介質，還可減少新木屑之需求。目前國內外皆有利用栽培後介質作爲菇類栽培材料之案例，例如以金針菇菌糠栽培平菇，可發現平菇菌絲生長較爲強勢之現象[6]；以秀珍菇菌糠栽培洋菇可使生物效率達63%[18]；此外平菇菌糠栽培雞腿菇試驗中，使用不超過35%之菌糠，除可使菌絲生長旺盛，還可使前3周期之生物效率達126%以上[16]；梁氏等人利用香菇木屑廢棄物可取代1/3的新木屑用來栽培玉米菇(金頂側耳)，並增加20%之產量[15]。此外本所對栽培後資材再利用試驗之結果也顯示，利用杏鮑菇栽培後介質栽培秀珍菇，可使其生物效率提升，其中以替代1/3之生物效率最高可達58.1%，較使用新鮮木屑者爲高。同時測試杏鮑菇栽培後介質對香菇品種921栽培之結果亦顯示，替代木屑組之走菌速度較快，且在替代1/3新鮮木屑之配方組合下，可獲得最佳之產量，每包較未處理組多約100g之鮮重，達345.37g；此外在杏鮑菇栽培後介質栽培杏鮑菇之試驗，亦可發現僅用新鮮木屑之產量最低，且利用栽培後介質替代木屑可降低材料成本約40%[14]；本所使用秀珍菇栽培後介質栽培花臉香蘑，亦可成功出菇，惟其出菇效率還需進一步研究改進。利用菇類栽培後介質再次栽培菇類，不僅可減少農業廢棄物之產生，還可增加其經濟效益，而且由於培養料經過菇類菌絲之分解，其中存在許

多簡單之化合物，因此更容易被菇類菌絲利用，使其生長快速，此外栽培後介質之保水效果亦較未堆積之木屑佳，因此更有利於菌絲之生長[26]。然利用此類介質進行栽培時應注意其滅菌之過程，避免殺菌不完全造成二次污染，此外由於各種菇類對養份利用之差異，因此爲達養分充分利用之效果，應將栽培後介質進行成分分析後，再進行最適配方之篩選，藉以達到最佳之利用效率。

菇類栽培後介質應用於作物栽培

我國目前菇類栽培主要以木屑爲主，若將其栽培後介質利用作爲作物栽培之用，則可解決育苗、盆花之栽培時，所需之栽培介質進口問題，不僅可降低成本亦能解決農業廢棄物之污染問題，因此許多研究學者積極將農業廢棄物開發成爲本土化之栽培介質。作爲良好之育苗介質，除需有良好的物理特性和養份的平衡外，還需注意通氣性與保水性，利用菇類栽培後木屑所製成之堆肥，具有蓬鬆性質，不僅可以增加土壤的通氣性，還具良好的保水能力及增加生物活性，可促進土壤肥力[22]，張氏等人將堆積腐熟之廢棄金針菇木屑堆肥及粉碎稻殼爲主之材料，以不同混合比例調配成洋香瓜育苗介質培育洋香瓜苗，並以荷蘭進口培養土爲對照，比較瓜苗乾物重及定植後之生育差異。結果顯示廢棄金針菇木屑堆肥保水力略低但通氣性良好，又其水溶性氨態氮、磷、鉀、鎂含量豐富[13]；電導度甚高，但未見瓜苗發生鹽害，惟水溶性鈣含量遠低於進口培養土，而由瓜苗葉片分析顯示，鈣含量亦較以進口培養土育苗者低；幼苗期新葉時而出現缺鐵黃化變小現象；針對缺鈣、缺鐵進行肥力調整試驗，選擇適宜之洋香瓜育苗介質，即以廢棄金針菇木屑堆肥添加20%或40% 粉碎稻殼；並於1公升介質中，混以5克碳酸鈣及5克硫酸亞鐵；所育成之瓜苗乾物重均較以純廢棄金針菇木屑堆肥育苗者明顯增加，與進口培養土育苗者不相上下，且瓜苗定植後，植株生長及發育明顯比以進口培養土育苗者佳。故以廢棄金針菇木屑堆肥及粉碎稻殼爲主材料，調配洋香瓜育苗介質當爲可行[24]。但由於菇類栽培後之廢棄物通常含有較高的可溶性鹽類，而生長期較短的許多菇類廢棄物中除了菇類菌絲之外，還有大量未分解的添加物質如米糠，因此須經過適當的處理，才能做爲育苗之介質，否則若將未經處理之菇類栽培後基質直接施用於田間或是作爲育苗介質，往往會降低作物的發芽率或產生葉片白化的現象[21]。此外，菇類栽培後介質經過適當的調製，還可作爲抑病介質之用[23]，例如將香菇太空包堆肥混合魚粉、血粉、硝酸銨、生石灰及丙烯醇調製成FBN-5A混合

物，經田間試驗具有防制豌豆立枯病的效果[23]。王與黃(2000)以生長過香菇之太空包木屑加入硝酸銨及過磷酸鈣均勻混合，每隔一星期翻堆1次，經發酵3個月，對於胡瓜猝倒病的發生有顯著的抑制效果[2]。另外，黃等人(2000)將腐熟的香菇太空包堆肥與炭化稻殼按3:1體積均勻拌合，再分別添加蝦蟹殼粉、牛血粉與石灰等製成SSC-06介質，此一介質具有抑制甘藍苗立枯病發的效果之外，還可以培育強壯的甘藍幼苗[28]。邱氏(1997)以香菇太空包木屑和金針菇廢棄木屑研製成堆肥，均有顯著抑制西瓜蔓割病、甘藍苗根瘤病與西瓜、蕃茄、甘藍及甜椒根瘤線蟲病等效果，此外香菇太空包堆肥尚具有抑制蕃茄根腐病的效果[9]。

菇類栽培後介質作爲禽畜飼料

菇類栽培後介質之營養成分中，具有豐富之粗蛋白質與粗脂肪，而大部分的纖維素、半纖維素與木質素的含量皆已被菇類菌絲分解成小分子，此外由於一般飼料缺乏必需胺基酸與礦物質元素，這些成分在菇類栽培後介質中含量皆相當高，因此非常適合做爲禽畜養殖時之飼料，國內已有部分業者收購金針菇栽培後之介質，作爲豬隻養殖之飼料，而菌糠應用於飼料在大陸則更加廣泛，例如以平菇之菌糠替代玉米飼養羊隻之結果，顯示在替代5-15%之玉米情況下，羊隻之重量可有效增加[5]；對於豬隻養殖之試驗中，在其前期每日飼料中分別加入12%和18%的稻草菌糠或木屑菌糠，結果兩試驗組前期增重及飼料報酬與對照組相近，後期配入量雖增至18%，全期增重及飼料報酬僅略低於對照組，兩試驗組與對照組日增重差異不顯著，而料肉比較對照組分別高3.42%和4.40%，每千克飼料成本比對照組分別下降6.9%和6.0%,，經濟效益顯著[19]；此外在尼祿羅非魚飼養時，添加30%之菌糠作爲飼料，其增重率、成活率等與對照組基本相同,，差異均不顯著,，證明用菌糠代替部分麩皮餵魚完全可行。

菇類栽培後介質應用於燃料與生質能源

由於菇類之栽培基質大多以木屑、玉米穗軸與棉籽殼爲主，若將此些介質去除水分或曬乾後，即可作爲燃料，例如在大陸之香菇產地，香菇菌糠風乾後，即可作爲滅菌或菇棚加熱之燃料，既可減少石化燃料之使用，還可節省成本[3]，此外若能利用汽化爐還可更有效率的利用此些菌糠，利用1,500個香菇廢菌棒所產生之能量，可供3,100個香菇菌棒進行滅菌[7]，目前國內也有部份業者以汽化爐燃燒廢包作爲燃料，但受限於現有之空氣污染法規，因此需要投入之成本較高，故直接將菇類栽培後介質作爲燃料較難以推行。近年來由於石化燃料匱乏之憂慮，也連帶使得替代能源研究引起學者之重視，但由於目前用以生產生質酒精主要原料是玉米、甘蔗或大豆、油菜等能源作物，導致糧食價格上漲，引起社會人士對於此類生質能源的疑慮，現行之生質酒精主要係將纖維素水解後形成葡萄糖，再經微生物發酵形成酒精，因此利用農牧廢棄物中所含的大量纖維素作爲生質能源之材料，則可避免排擠糧食作物，影響民生物資，惟纖維素結構非常穩定，難以分解，再加上植物細胞壁上還含有半纖維素及木質素等成分，因此要讓大量的纖維素水解有技術上的困難度。日本學者Hideno等人(2007)開發以舞菇栽培後木屑做爲生質酒精的材料，由於舞菇屬於白腐菌，可分解木屑中部份的木質素，使得木屑的細胞壁較爲鬆散，較易利用纖維素携分解形成葡萄糖，進一步做爲生質酒精製作之用[27]。此外在沼氣之利用上，程氏等人(2010)即利用平菇之菌糠進行發酵，並透過排水集氣法進行沼氣之蒐集，試驗結果顯示其沼氣產生量與牛糞相當，因此可作爲產生沼氣原料之一[17]。

菇類栽培後介質應用於生態環境修復

大部分的菇類係屬於大型白腐眞菌，其漆酶之活性與產量皆高，而漆可用來分解木質素類不易分解之大分子，因此也有學者利用菇類之漆携對環境中不易分解之化合物進行分解測試，在菇類栽培後介質中常可檢測出含有大量之漆携存在，以秀珍菇爲例其栽培後介質之漆酶活性可達3602Ug-1，因此

極具生物修復之潛能[20]，目前已有學者利用平菇栽培後之介質來消除土壤中之DDT(1,1,1-trichloro-2,2-bis (4-chlorophenyl) ethane)，經過4週之處理，土壤中之DDT含量可被降解48 %，顯示利用菇類栽培後介質具有極大潛力來清除環境中化學藥劑污染[29]。此外平菇栽培後之介質也曾被用來降解石油污染之土壤，經施用一個月後，土壤中石油污染物大幅減少，此外微生物數量也大幅增加，顯示利用菇類栽培後介質不僅可降低石油對環境之污染，還可增加土壤中微生物之族群數[25]。菇類栽培後介質除具有生物降解之功效外，由於其可作爲肥料、可改善土壤團粒等功效，因此對於草種發芽與生長具有促進之功效，試驗結果顯示以菇類栽培後介質處理，可讓植草經過兩個個月之生長高度多於8公分，覆蓋率可達95 %，因此可用作護坡介質之材料[4]，此外對於土壤涵養水分也由相當之功效[12]。農業藥劑與工業廢物對土壤之污染，一直是生態永續發展的大問題，由於菇類栽培後介質具有獨特之生物特性，具有降解有機污染物之潛能，如能善用菇類栽培後介質，對邊坡的草皮與樹木進行復育，相信可協助土壤涵養水分，並達到國土永續發展之目的。

菇類栽培後介質應用於酵素與多醣體之萃取

菇類栽培後介質中含有之成分，除部份營養可供再次利用外，由於其中含有大量之菇類菌絲，所以含有大量之菇類多醣體、有機酸與酵素等功效性成分，具有高值化利用之潛力，以杏鮑菇爲例，其多醣體具有抗病毒、抗腫瘤、抗疲勞、抗損傷、抗氧化、防止動脈硬化、增強人體免疫力和抗癌的作用，因此可以進行萃取[10]，然利用子實體萃取成本太高，因此若利用栽培後之介質進行萃取則可降低生產之成本，目前有學者以88℃之溫度，水料比57:1，萃取8.5小時，可獲得最適之多醣體萃取量6.43%，顯示利用菇類栽培後介質萃取菇類多醣具有相當之可行性。此外，由於在萃取植物有效成分與飼料糖化及生物能源轉化過程中，常使用纖維素携和木聚糖携，由於纖維素携和木質素携製劑價格較高，增加了其應用成本，而菇類栽培後介質中含有大量之纖維素携和木質素携，因此可加以利用進行粗酵素液之萃取[11]，以磨菇栽培後介質爲例，每公斤之介質可萃取11.06g之粗酵素萃取液[8]。然目前還無法大量工廠化生產。

結 語

菇類產業係屬於高資本、高技術之產業，過去許多研究主要在於提升產量與降低生產成本，但對於其栽培後之介質再利用投入較少，然近年來由於環保意識抬頭，加上原物料價格飆漲之影響，也使得菇類栽培後介質再利用成爲重要之課題。菇類栽培後介質具有豐富之營養價值與獨特之生物特性，惟過去國內對於菇類栽培後介質之研究相對較少，因此如能對此課題重新重視，並加強相關之研究，則可將廢物變成黃金，讓菇類產業與生態環境能永續發展之重要策略。

圖一、栽培後太空包隨意丟棄於農舍之情形

圖二、菇類廢棄太空包以脫袋機去除塑膠袋打出之情形

圖三、菇類栽培後介質進行堆積後製作有機肥之情形

圖四、以杏鮑菇栽培後木屑栽培香菇品系921之出菇情形

引用文獻

1. 王伯徹. 2009. 菇類之食藥用價值及其多樣化市場產品開發.農業生技產業季刊18:34-40。
2. 王佩瑾、黃振文. 2000. 香菇太空包堆肥抑制胡瓜猝倒病發生的特性. 植病會刊9:137-144。
3. 米青山、王尚义、宋建華. 2005. 食用菌廢料的綜合利用研究. 中國農學通報21: 287。
4. 宋法龍、馬友華、江雲. 2009. 農業廢棄物替代生態護坡基質中泥炭的效果研究. 中國農學通報 25:226-229。
5. 李大軍、李玉. 2011. 平菇菌糠替換綿羊日糧中玉米的飼餵效果試驗. 飼料工業 32:33-35。
6. 李用芳、李學梅. 2000. 利用金針菇菌糠生產平菇菌種初探. 河南農業科學11: 28-29。
7. 李嬌. 2009. 淺析迴圈利用食用菌廢菌棒項目的效益及技術操作. 安徽農學通報 15:219。
8. 李順鵬、沈標、樊慶笙. 1991. 從食用菌菇渣中提取粗纖維素攜的研究. 南京農業大學學報 14:120-121。
9. 邱安農、黃振文. 1997. 農工廢棄物堆肥培育蔬菜幼苗與抑制菜苗根部病害的效果. 植病會刊6:67-72。
10.侯軍、林曉民、李瑛、白莉娟、張家進、耿翠敏、張虹、李冬琳. 2010. 回應面法優化杏鮑菇菌糠多糖提取工藝. 食品科學 31:155-158。
11.馬懷良、龔振傑、陳鑫、朱子龍、郭文學. 2010. 3 種食用菌菌糠纖維素攜和木聚糖攜部分攜學性質. 安徽農業科學 38:15479-15480。
12.郝淑麗. 2010. 菌糠改良土壤田間持水量效果的研究. 雜糧作物 30:306-307。
13.張明暉、向爲民、簡宣裕、黃維廷. 1997. 廢棄菇類木屑堆肥應用於洋香瓜育苗介質之評估.中華農業研究 46(1):60-69 。
14.陳錦桐、簡宣裕、彭金騰、陳美杏. 2005. 杏鮑菇栽培基質再利用之研究. 台灣農業研究54:235-244。
15.梁志欽、吳秋曄、王進琦. 2005. 利用菇類木屑廢棄物栽培金頂側耳的評估. 眞菌會刊20:27-34。
16.陶陶、黃承鈞、朱志國. 2009. 利用平菇菌渣栽培雞腿菇的配方研究. 安徽農業科學37:9929-9930。

17.程輝彩、張麗萍、崔冠慧、張根偉、李欣、李書生. 2010. 平菇菌糠發酵生產沼氣技術研究. 中國食用菌29:46-49。

18.萬水霞、朱宏賦、李帆. 2009. 利用秀珍菇菇渣栽培雙孢蘑菇的試驗. 中國食用菌28:20-22。

19.劉曉牧、王中華、李福昌、高秀華. 2000. 菌糠的營養價值及應用. 中國飼料18:29-30。

20.衛智濤、周國英、胡清秀. 2010. 食用菌菌渣利用研究現狀. 中國食用菌29: 3-6。

21.簡宣裕 、莊作權、張明暉. 2003. 以廢棄香菇木屑與雞糞製造堆肥並評估對小白菜之肥效. p.59-70. 第六屆畜牧資源回收再利用研討會論文集. 國立中興大學獸醫學院編印。

22.簡宣裕、廖慶樑、張明暉、劉禎祺. 2007. 栽培菇類後廢棄木屑利用於產製肥料. p.197-203.菇類栽培訓練班講義. 農業委員會農業試驗所編印。

23.簡宣裕、廖慶樑、張明暉、劉禎祺。2007。栽培菇類後廢棄木屑利用於作物病害防治。p.204-206. 菇類栽培訓練班講義. 農業委員會農業試驗所編印。

24.簡宣裕、張明暉、向爲民。2005。栽培菇類後廢棄木屑開發瓜類育苗介質。p.274-288. 食用菇蕈栽培訓練班講義. 農業委員會農業試驗所編印。

25.Chiu, S. W., Ting, G., and Cissy, S. S. 2009. Removal of spilled petroleum in industrial soils by spent compost of mushroom *Pleurotus pulmonarius*. Chemosphere 75: 837-842.

26.Dilena, G., Vivantiv, and Quaglia, G. B. 1997. Amino acid composition of wheat milling by -productsfter bioconversion by edible fungi mycelia. Nahrung 41:285-288.

27.Hideno, A., Aoygai, H., Isobe, S., and Tanaka, H. 2007. Utilization of spent sawdust matrix after cultivation of *Grifola frondosa* as substrate for ethanol production by simultaneous saccharification and fermentation. Food Sci. Technol. Res. 13:111-117.

28.Huang, J. W., and Huang, H. C. 2000. A formulated container medium suppressive to Rhizoctonia damping-off of cabbage. Bot. Bull. Acad. Sin 41:49-56.

29.Purnomo, A. S., Mori, T., Kamei, I., Nishii, T., and Kondo, R. 2010. Application of mushroom waste medium from *Pleurotus ostreatus* for bioremediation of DDT-contaminated soil. Int. Biodeter. Biodegr. 64:397-402.

Recycling application of spent mushroom substrates

Lue, Y. S.[1,*], Chen, M. H.[1], Li, W. S.[1], Wu, K. T.[1], and Chien, S. Y.[2]

[1] Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng Taichung, Taiwan

[2] Division of Agricultural Chemistry Pathology , Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng Taichung, Taiwan

[*] Corresponding author, E-mail:yunsheng@tari.gov.tw

Abstract

The economic value of the annual production of fresh mushrooms in Taiwan has reached 9 billion NT dollars. Spent mushroom substrates (SMS) generated as a by-product was more than 10 tones from over 250 million sawdust filled in plastic bags or bottles. Part of the spent mushroom substrates was further fermentation as organic fertilizers, however, some farmers just abandoned those spent mushroom substrates in the filed and it might cause the pollution. Recently, the environment issue has drawn attention by public. Recycling those spent mushroom substrates has become an important project. Due to lots of nutrient remained in SMS, it can be further applied in several areas such as 1.) substrates for mushroom cultivation; 2.) substrates for organic compost or disease suppressive medium; 3.) feed of livestock; 4.) materials for fuel or biomass energy; 5.) materials for ecological remediation; 6.) sources for extraction of enzymes and polysaccharides. In Taiwan, the research on use of SMS is major in replacing of sawdust in mushroom cultivation, making organic compost or disease suppressive medium. However, SMS still have the potential for better application. Since the well used of SMS not only can reduce the production of agricultural waste, but also increase the profit for mushroom farmers. Therefore, how to recycle SMS is worthy for further study and extension.

Key words: agricultural wastes, spent mushroom substrates, organic compost